

京都大学	博士 (工学)	氏名	宮 林 秀 次
論文題目	小土被り山岳トンネルの地震被害メカニズムと耐震設計法に関する研究		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、小土被り山岳トンネルに関して、その地震被害メカニズムの解明や実験的かつ解析的検討に基づく山岳トンネル覆工の耐震性能の定量的評価を通して、新しい耐震設計法を論じた結果をまとめたものであって、7章からなっている。</p> <p>第1章は「序論」であり、小土被り山岳トンネルの地震被害メカニズムと耐震設計法に関する研究を行うに至った背景、本研究の目的と論文の構成について示している。</p> <p>第2章は「山岳トンネルの地震被害メカニズムに関する既往の研究と耐震設計法の現状」であり、トンネルの地震被害分析事例、トンネルの地震時挙動の計測事例、地下構造物の地震対策工、さらには無筋覆工を対象とした解析手法等の既往の研究を調査している。また、山岳トンネル以外を対象とした耐震設計法の現状を整理している。</p> <p>第3章は「小土被り山岳トンネルの地震時挙動計測」であり、実トンネルを対象に地震時の挙動計測を実施し、過去に得られた計測結果と比較検証を行っている。併せて、地震時のトンネルの変形挙動解析を行い、トンネルの地震時挙動を定量的に評価している。得られた知見は以下のとおりである。</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) 地表で観測された加速度に比べ、トンネル内での加速度は、同程度かあるいは小さい傾向が窺える。</li><li>2) 小土被りトンネルの地震時挙動は、既往の計測事例と同様に左右交番のせん断変形を呈している。また、縦断方向の挙動は横断方向と比較して小さい。</li></ol> <p>第4章は「小土被り山岳トンネルの地震被害メカニズム」であり、気中模型実験ならびに、トンネル周辺地盤と覆工を考慮したせん断土層実験によるトンネルの地震時挙動の再現を試みている。その上で、実トンネルの条件を考慮した数値解析により耐震性の評価を行い、小土被り山岳トンネルの地震被害メカニズムを定量的に明らかにしている。得られた知見は以下のとおりである。</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) 覆工のアーチ形状の効果として、地山から比較的大きなせん断変形の影響を受けた場合であっても、山岳トンネル覆工は崩壊しないことを確認した。</li><li>2) せん断土槽実験により、交番載荷によるせん断変形を覆工模型に作用させた結果、実際の地震被害を再現することが可能となり、小土被りトンネルにおける地震被害メカニズムを明らかにした。</li><li>3) 覆工の引張強度あるいは圧縮強度到達後の軟化挙動を考慮した解析モデルによって、実大トンネルレベルにおいて地震時挙動および被害状況の傾向を再現することができた。</li></ol> <p>第5章は「小土被り山岳トンネルの地震対策工とその評価」であり、従来の無筋覆工コンクリートと繊維補強覆工コンクリートおよび緩衝材を用いた新しい地震対策工を、模型実験、実トンネルでの現地計測、数値解析によって比較し、地震時対策工としての効果の評価ならびに、実トンネルへの地震対策工としての適用性の検証を行っている。得られた知見は以下のとおりである。</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) 実験結果から、無筋コンクリート覆工と比較し、繊維補強や緩衝材設置工による地震対策工を実施した場合には、圧ざや剥落の発生を抑制する、あるいは遅</li></ol>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	宮 林 秀 次
<p>らせる効果が認められた。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2) 実トンネルにおける試験施工結果から、地震対策工としての覆工コンクリートへの繊維補強や緩衝材設置工の適用性が確認された。</li> <li>3) 実トンネルにおける地震時挙動計測の結果から、無筋、繊維補強の実施区間と比較し、緩衝材設置区間においては、最大発生ひずみが小さい傾向が確認された。</li> <li>4) 解析的検討から、繊維補強コンクリートを適用することにより、圧ぎを抑制する効果が発揮され、無筋の場合と比較し、その発生時期を遅らせることが可能であること、解析上は地盤の破壊挙動を考慮していないため、緩衝材設置工については明確な効果が確認されなかった。</li> </ol> <p>第6章は「小土被り山岳トンネルの耐震設計法の提案」であり、まず、トンネルに求められる要求性能と限界状態の設定を行っている。第2章から第5章までの成果を踏まえ、せん断変形を受けるトンネルの耐震性能の評価、すなわち設計の検討が必要となる条件として、せん断ひずみの目安を設定している。その上で、小土被り山岳トンネルの耐震設計法のフローとその具体的手法を提案するとともに、耐震設計の検討が必要となる条件を簡易に抽出できるノモグラムを提案している。得られた知見は以下のとおりである。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) トンネルを含む一様な地盤に一様なせん断変形を与える解析により、無筋コンクリート覆工、繊維補強コンクリート覆工のそれぞれについて、せん断変形下の変形性能を確認した。</li> <li>2) 基盤層の直上にトンネルが位置し、整形かつ表層が一様という標準的な条件を想定して地盤応答解析を行い、トンネルに圧ぎが生じる地盤のせん断ひずみが発生する条件を把握した。</li> <li>3) 上記の結果をふまえ、地盤応答解析の結果から、トンネルと基盤面の離隔および表層のせん断弾性波速度によって、小土被り山岳トンネルの耐震検討の必要性を簡易に判定できるノモグラムを作成した。</li> <li>4) 以上の検討結果に基づき、耐震検討が必要となる地形地質条件、ノモグラムによる簡易検討、数値解析による詳細検討等を取り入れた小土被りトンネルの耐震設計法を提案した。</li> </ol> <p>第7章は「結論」であり、本論文で得られた成果について要約している。</p>			

氏名

宮林秀次

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、小土被り山岳トンネルに関して、その地震被害メカニズムの解明や実験的かつ解析的検討に基づく山岳トンネル覆工の耐震性能の定量的評価を通して、小土被り山岳トンネルの新しい耐震設計法の確立を目標に研究した知見をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 実トンネルを対象とした地震時挙動計測により、小土被り山岳トンネルの地震時挙動は横断方向のせん断変形が卓越していることを明らかとした。
2. 模型実験により、地盤のせん断変形により実際の被害と同様の被害モードが再現可能であることを明らかとした。
3. 実トンネルを想定した数値解析により、実際のトンネルでも、地盤剛性が大きく変化する条件下での基盤の直上や、基盤面との交差箇所等においては圧ぎ等の被害を生じ得ることを明らかとした。
4. 繊維補強コンクリート覆工や緩衝材設置工の効果により、地震被害を軽減できる可能性があることを明らかとした。
5. 山岳トンネル覆工の地震時のせん断変形下における耐震性能を明確に評価した。
6. 基盤層の直上にトンネルが位置し、整形かつ表層が一様という標準的な条件を想定して地盤応答解析を行い、トンネルに圧ぎが生じる地盤のせん断ひずみが発生する条件を定量的に把握した。
7. 以上の検討結果に基づき、小土被り山岳トンネルにおいて耐震検討が必要となる条件を抽出するとともに、性能規定に基づく小土被り山岳トンネルの耐震設計手法を提案した。

以上、本論文は、小土被り山岳トンネルの地震被害メカニズムを明らかにするとともに、性能規定に基づく小土被り山岳トンネルの新しい耐震設計手法を構築するという有用な成果を得ており、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成23年9月21日、論文内容とそれに関連した事項について口頭試問を行った結果、合格と認めた。